

#### 4. 実走行実験による車両重量推定の理論検証

シミュレーション分析を通して車両重量推定の可能性を確認した結果を受け、実走行実験を行い、実際の車両振動データの取得を通し、計測データの精度を検証するとともに、車両重量の推定可能性を検証した。

##### 4.1 実施概要

実走行実験の実施概要を以下に示す。

###### 4.1.1 実施場所

国土交通省国土技術政策総合研究所の試験走路（図 4-1）にて実走行によるデータ計測を行い、その結果を用いて車両重量推定の理論検証を実施した。

###### 試験走路の概要

- 総延長：約 6.2km
- 車線数：3 車線（1 車線当りの幅員 3.75m）
- 直線部：往路（コンクリート舗装） 延長約 2.2km  
復路（アスファルト舗装） 延長約 0.7km
- 曲線部：北ループ（半径 147.5m・最大傾斜角 28 度・設計速度 100km/h）  
南ループ（半径 222.5m・最大傾斜角 27 度・設計速度 120km/h）



図 4-1 試験走路の概要

#### 4.1.2 使用機材

実走行実験に用いた車両及び積載物、データ計測装置は、以下に示すとおりである。

##### 1) 使用車両

使用車両は、東京大学生産技術研究所須田研究室が保有するいすゞ・エルフ（3t 車）を使用した（図 4-2）。



図 4-2 使用車両

##### 2) 積載物

車両重量を増加させる際に使用する積載物は、1t 及び 2t の載荷板を使用した（図 4-3）。



図 4-3 載荷板

### 3) 計測装置

上下加速度の計測にあたっては、東京大学生産技術研究所須田研究室保有の 3 軸加速度センサ及びパナソニックオートモーティブ&インダストリアルシステムズ社が開発した試作機を搭載した（図 4-4）。



図 4-4 計測装置

### 4.1.3 実験条件

実走行実験の条件として以下に示す条件を設定した。

#### 1) 車両重量及び走行速度

車両重量及び積載重量は、約 2.7t (0t)、約 4.7t (2t)、約 5.7t (3t)、約 6.7t (4t) の 4 パターンを設定した。なお、約 6.7t (4t) は重量超過のケースとして設定した。また、走行速度は、40km/h と 60km/h の 2 パターンを設定した。実験条件パターンを表 4-1 に示す。

表 4-1 実験条件パターン

		走行速度	
		40km/h	60km/h
車両重量 (カッコ内は積載重量)	約 2.7t(0t)	パターン 1	パターン 2
	約 4.7t (2t)	パターン 3	パターン 4
	約 5.7t (3t)	パターン 5	パターン 6
	約 6.7t (4t)	パターン 7	パターン 8

※当初は、過積載かつ走行速度の高いパターン 8 の実験は想定していなかったが、パターン 7 の実験状況及び試験当日の実験実施状況より、実施することとした。

#### 2) 走行回数

走行回数（データ計測回数）は、各パターン 3 回ずつとした。

#### 3) 外部入力

外部入力は、既存の試験走路上に生じている段差を活用した（図 4-5、図 4-6）。



図 4-5 外部入力箇所



[地点A]  
アスファルト舗装  
-コンクリート舗装  
の継ぎ目



写真①



写真②

[地点B]  
コンクリート舗装同士  
の継ぎ目



写真③



写真④

[地点C]  
既存の路面凹凸



写真⑤

図 4-6 外部入力箇所 (写真)

#### 4.1.4 実験実施計画の作成

実走行実験の実施にあたっては、以下に示す実験計画を事前に作成した。

## 車両重量推定 データ計測実験実施計画

### 1. 実験実施概要

#### (1) 実験実施目的

- 走行中の車両に外部入力を与えた際に生じるバウンス及びピッチングの 2 つの固有振動を用いて、車両重量の推定可能性を検証するために必要なデータ計測を目的とする。

#### (2) 実施期間

- 事前準備：2014年9月18日（木）
- 実験実施：2014年9月19日（金）

※雨天決行。荒天時は日程を再調整し、後日実施。

#### (3) 実施場所

- 国土交通省 国土技術政策総合研究所 試験走路



図1 実施場所

#### (4) 使用機材等

##### 1) 使用車両

- いすゞ・エルフ (3t 車)：東京大学 生産技術研究所 須田研究室保有

## 2) 計測装置

- 3軸加速度センサ：東京大学 生産技術研究所 須田研究室保有
- 3軸加速度センサ：パナソニックオートモーティブ&インダストリアルシステムズ社 開発試作品

## 3) 載荷板

- 1t 及び 2t の載荷板

## (5) 実験条件

### 1) データ計測条件パターン

- 車速及び車両重量について、下記に示す計 7 パターンの条件を設定し、データ計測実験（走行実験）を実施。
- 各パターンでのデータ計測回数は、3 回ずつとする。

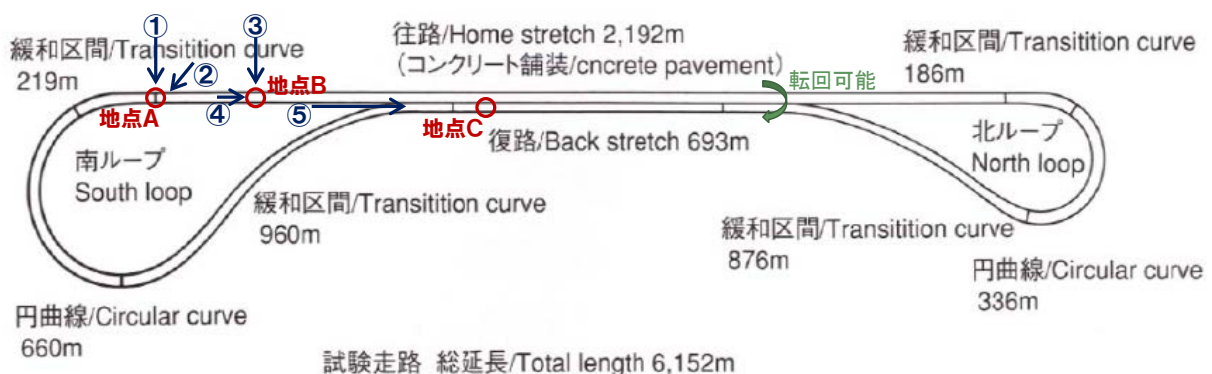
表 1 データ計測条件パターン

		走行速度	
		40km/h	60km/h
総重量 (カッコ内は 追加積載重 量)	約 2.7t (0t)	○	○
	約 4.7t (2t)	○	○
	約 5.7t (3t)	○	○
	約 6.7t (4t)	○	—

※総重量約 6.7t のケースは、1t 重量超過であり制動が効き難い状況が想定されるため、安全性を考慮し走行速度は 40km/h のケースのみ実施。

## 2) 外部入力

- 外部入力は既存の路面段差（下図 3 地点）を活用。



### 3) 走行方向・経路

- 試験走路を右回り（時計回り）で走行。距離は約 4,000m。

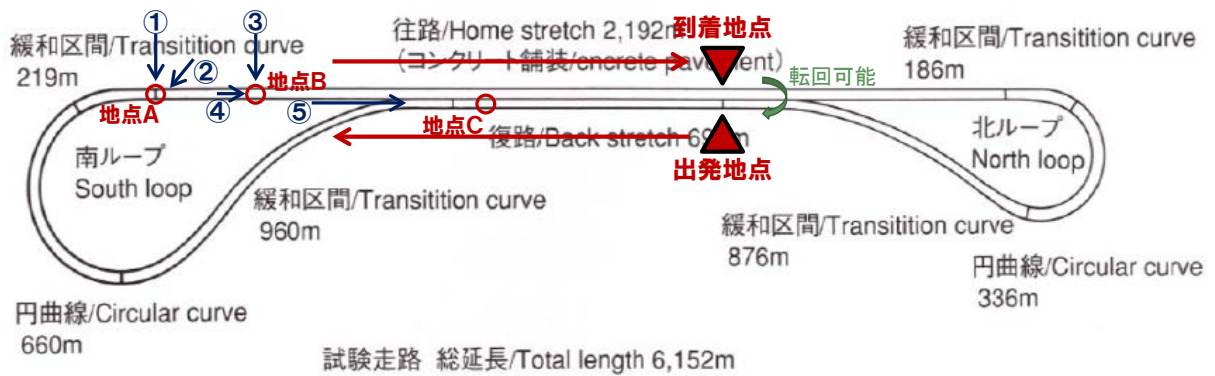


図 3 走行方向・経路

### (6) データ取得方法

- 試験データの収集は、各実験機器におけるデータ記録方法に準じる。なお、データファイルの命名規則は、以下の通り。

日付 (8桁) \_積載重量 (1桁) \_走行速度 (2桁) \_実験回数 (1桁)

例：追加積載重量 3t、走行速度 40km/h にて、2 回目の走行の場合、

「20140919\_3\_40\_2」

とする。



## 2. 実験実施スケジュール

### (1) スケジュール検討にあたっての条件

- スケジュールを検討するにあたっての各作業に要する時間を以下の通り想定。
  - ◇ 試験前日に初期条件のセッティングを実施する。
  - ◇ 走行試験区間の一周の距離は、約 4,000m。
  - ◇ 到着地点から出発地点までの移動及び出発準備を 2 分に設定。
  - ◇ 載荷板の載せ替え作業を 30 分に設定。
  - ◇ 2 時間おきに 30 分の休憩を設定。

### (2) タイムスケジュール

- 実験前日及び当日のタイムスケジュールは、以下の通りとする。

表 2 データ計測条件パターン名称

		走行速度	
		40km/h	60km/h
総重量 (カッコ内は 追加積載重 量)	約 2.7t (0t)	0-40	0-60
	約 4.7t (2t)	2-40	2-60
	約 5.7t (3t)	3-40	3-60
	約 6.7t (4t)	4-40	—

表3 タイムスケジュール

日	時間帯	実施内容
18日(木) [前日]	15	準備担当者現地到着・集合(16:00)
	16	車両搬入 機材設定
	17	
	18	事前準備終了・解散(18:00)
	19	
19日(金) [当日]	8	担当者現地到着・集合(8:30) 試験開始準備(~9:00)
	9	パターン0-40(24分)
		パターン0-60(18分)
	10	載荷板追加(30分+予備)
		パターン2-40(24分)
	11	パターン2-60(18分)
		載荷板追加(30分+予備)
	12	休憩・昼食(12:00~13:00)
	13	パターン3-40(24分)
		パターン3-60(18分)
	14	載荷板追加(30分+予備)
		パターン4-40(24分)
15	載荷板返却(30分+予備) 実験終了・撤収作業(15:30~16:00)	
16		
17		
18		

### 3. 実験実施時の安全対策及び緊急時連絡体制

#### (1) 安全対策

- 実験の実施は、実験実施主体者間（共同研究者間）で合意した実験計画に基づき、無理のない体制、スケジュールにて実施する。
- 万一事故が発生した場合は、緊急時連絡体制に基づき連絡報告を行う。また、状況に応じて速やかに消防・警察・救急病院に通報する。

#### (2) 緊急時連絡体制

- 緊急時の連絡体制は、下記の通りとする。

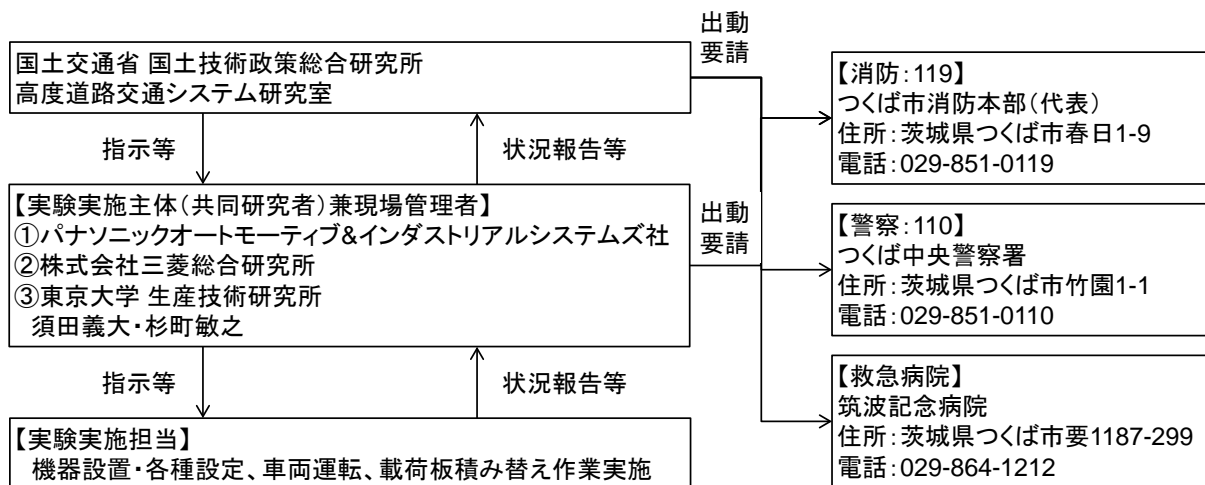


図 4 緊急時連絡体制

## 4.2 実験実施結果

実走行実験の実施結果を以下に示す。

### 4.2.1 実験実施日時

実走行実験は、当初の予定通り、2014年9月19日（金）に実施した。

### 4.2.2 実験実施状況

実験実施の様子を図4-7に示す。



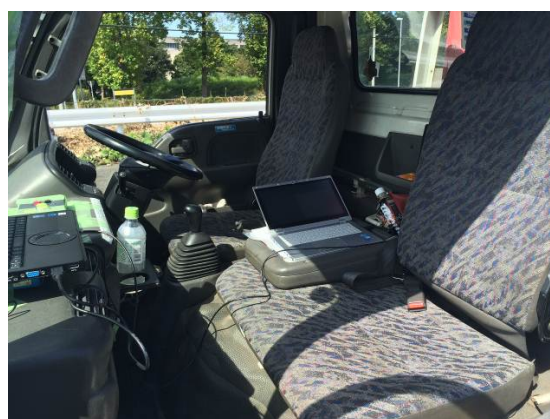
(載荷板積載時の実験)



(載荷板非積載時の実験)



(走行の様子)



(車内の各種計測機器)

図4-7 実験実施の様子

### 4.3 実走行データの解析

#### 1) 実験パターン

車速及び車両重量について表 4-2 に示す計 8 パターンの条件を設定してデータ計測実験（走行実験）を実施し、各パターンでのデータ計測回数は 3 回ずつとした。

表 4-2 実験条件パターン

		走行速度	
		40km/h	60km/h
車両重量 (カッコ内は積載重量)	約 2.7t(0t)	パターン 1	パターン 2
	約 4.7t (2t)	パターン 3	パターン 4
	約 5.7t (3t)	パターン 5	パターン 5
	約 6.7t (4t)	パターン 7	パターン 8

外部入力については既存の路面段差（図 4-8 に示す A～C の 3 地点）を活用し、試験走行路を右回り（時計回り）で走行した。距離は約 4,000m である。

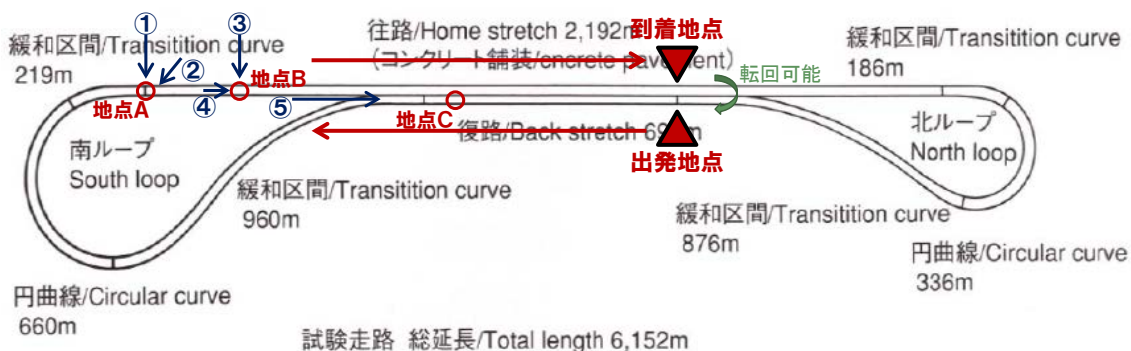


図 4-8 走行経路及び外部入力箇所



## 2) 計測データの加工

計測データについてはサンプリング時間の異なる GPS (20msec) と 3 軸加速度センサ (10msec) との計測データの同期をとる必要がある。そのため、以下の手順で両データの同期を行った。

- 【手順 1】 GPS 計測データの加速度データと 3 軸加速度センサの Y 軸のデータから走行開始のタイミングを合わせる。
- 【手順 2】 サンプリングタイムをもとに GPS と 3 軸加速度センサの同期を行う。
- 【手順 3】 実験時に計測した外部入力個所の GPS 座標データをもとに、評価地点を求める。実験時に 10 秒ほど外部入力個所で停車し、GPS 座標を計測した (平均値を外部入力個所の座標とした)。
- 【手順 4】 3 か所の外部入力箇所について周波数解析を実施した。

### 3) 実験結果

走行実験にて取得したデータの解析結果について、走行速度や外部入力  
の地点別に以下に示す（図 4-9～図 4-20）。

#### ① 計測結果・地点 A（40km/h）

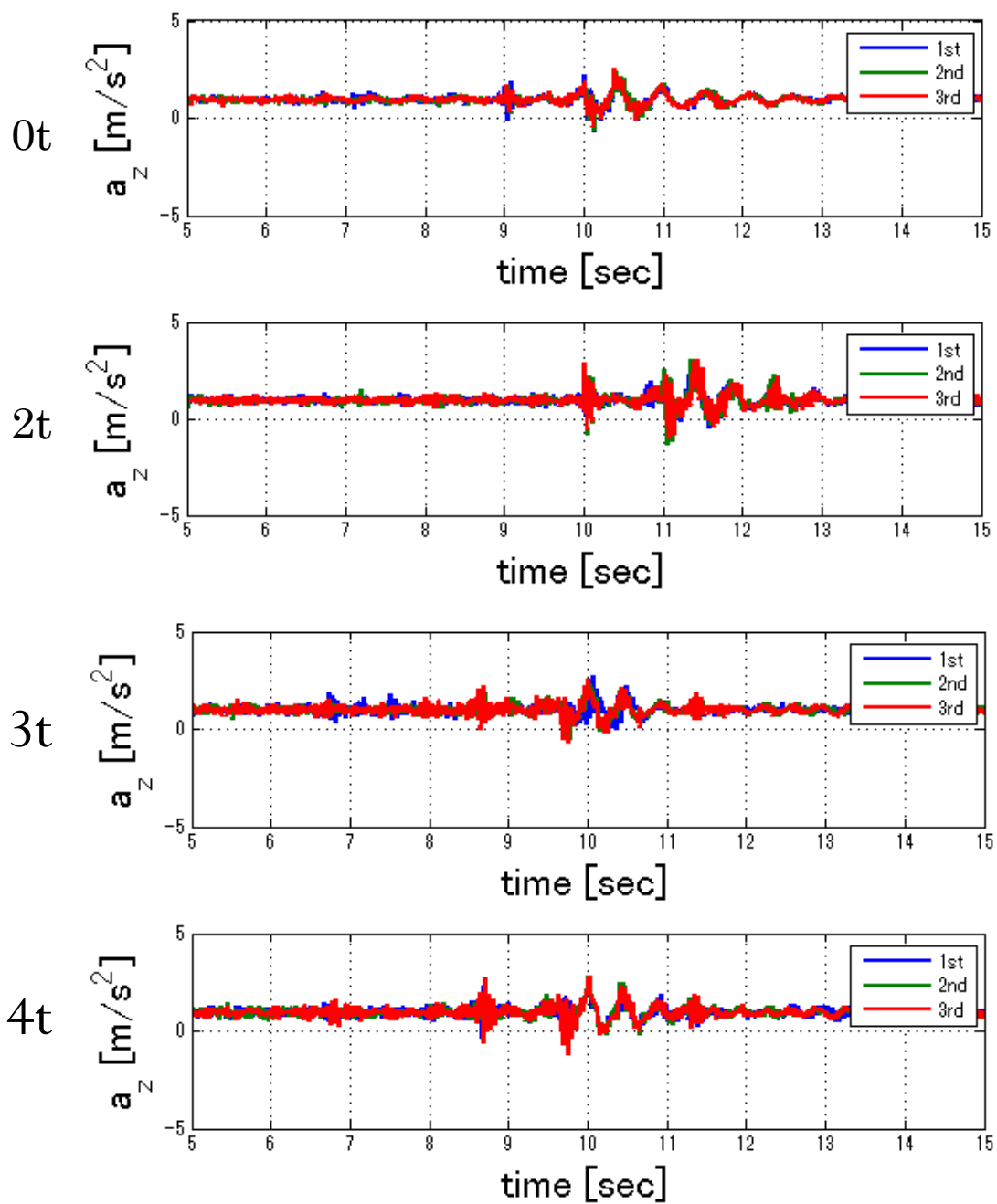


図 4-9 地点 A の上下加速度の結果（40km/h）

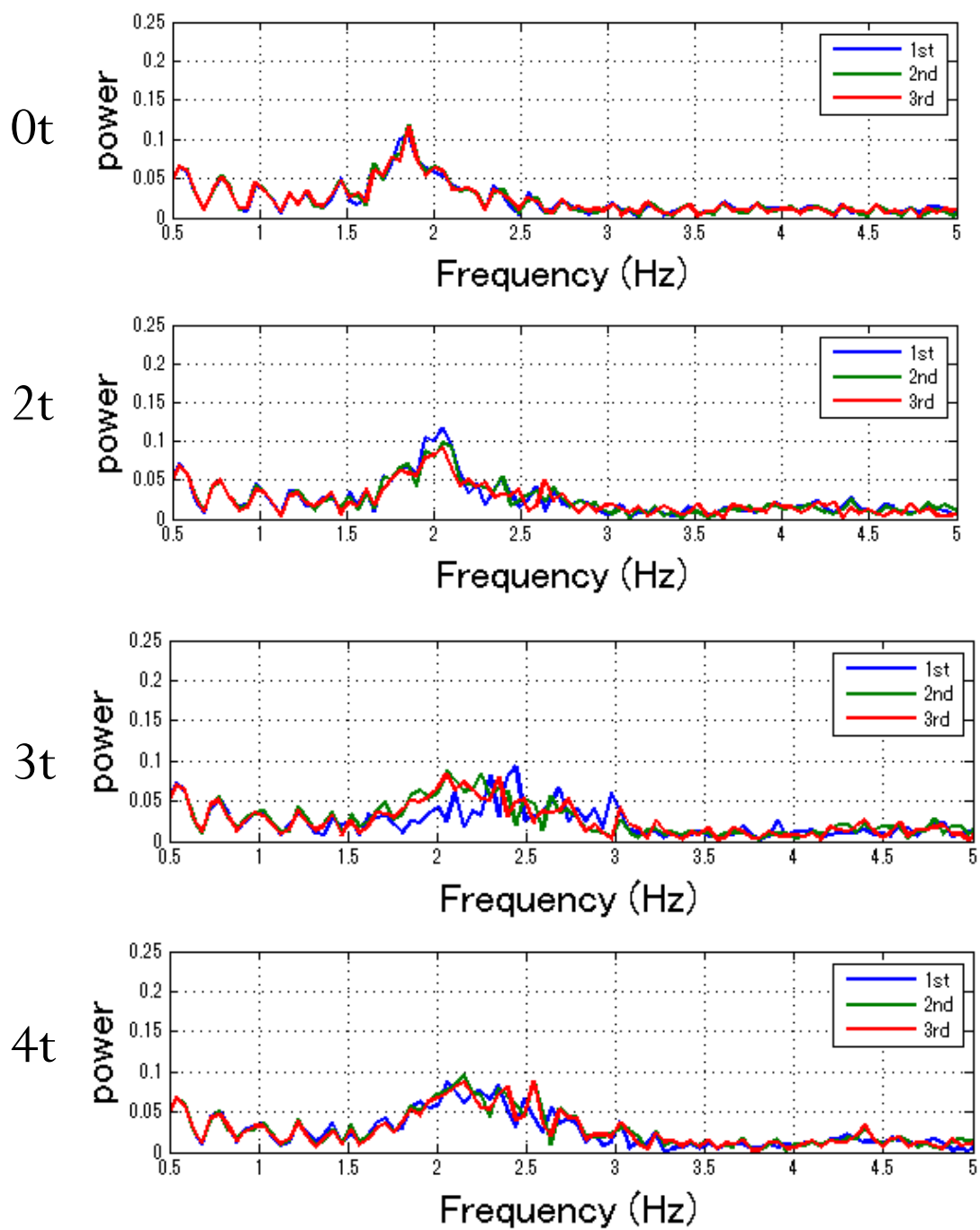


図 4-10 地点 A の周波数解析の結果 (40km/h)

② 計測結果・地点 A (60km/h )

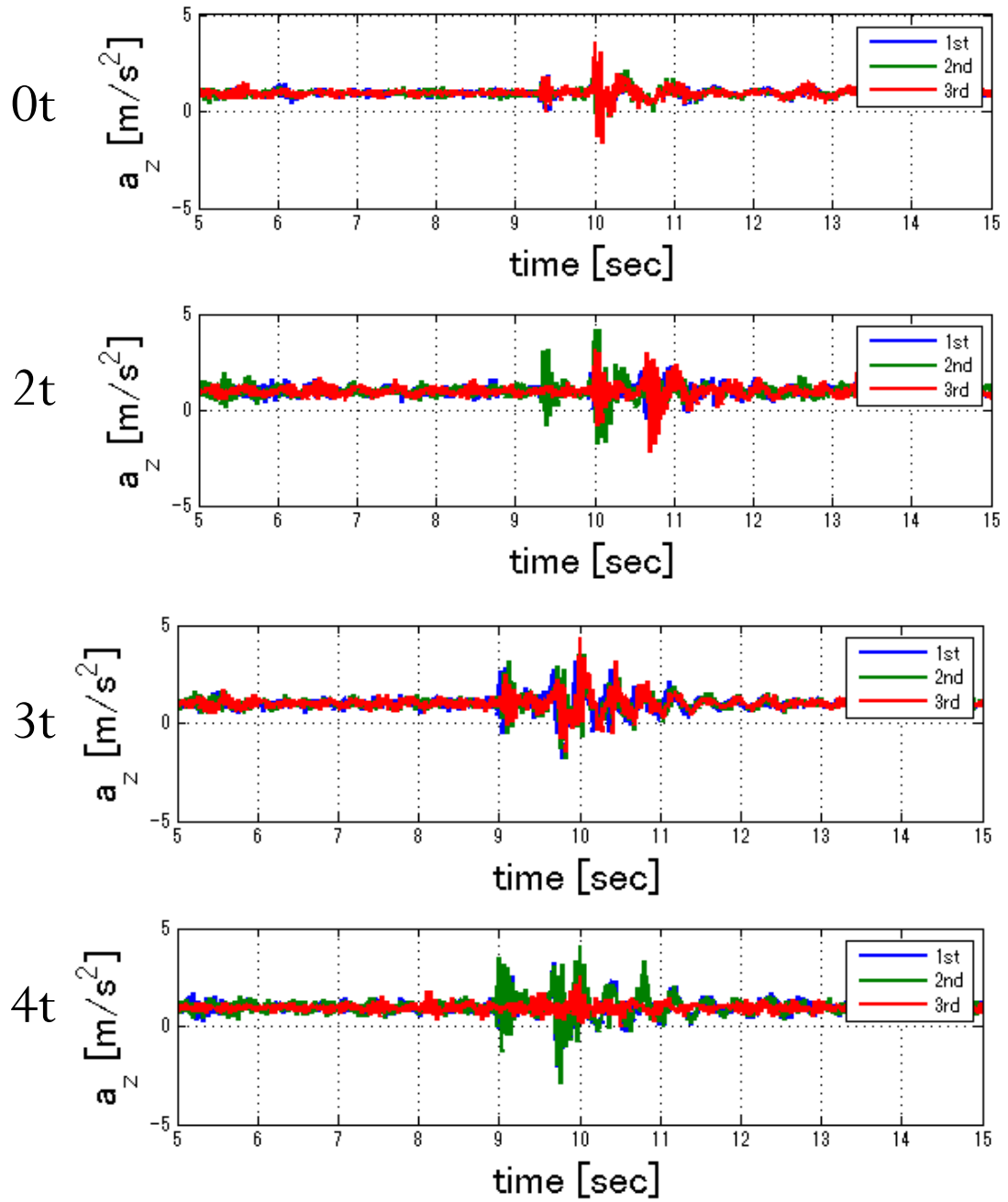


図 4-11 地点 A の上下加速度の結果 (60km/h)

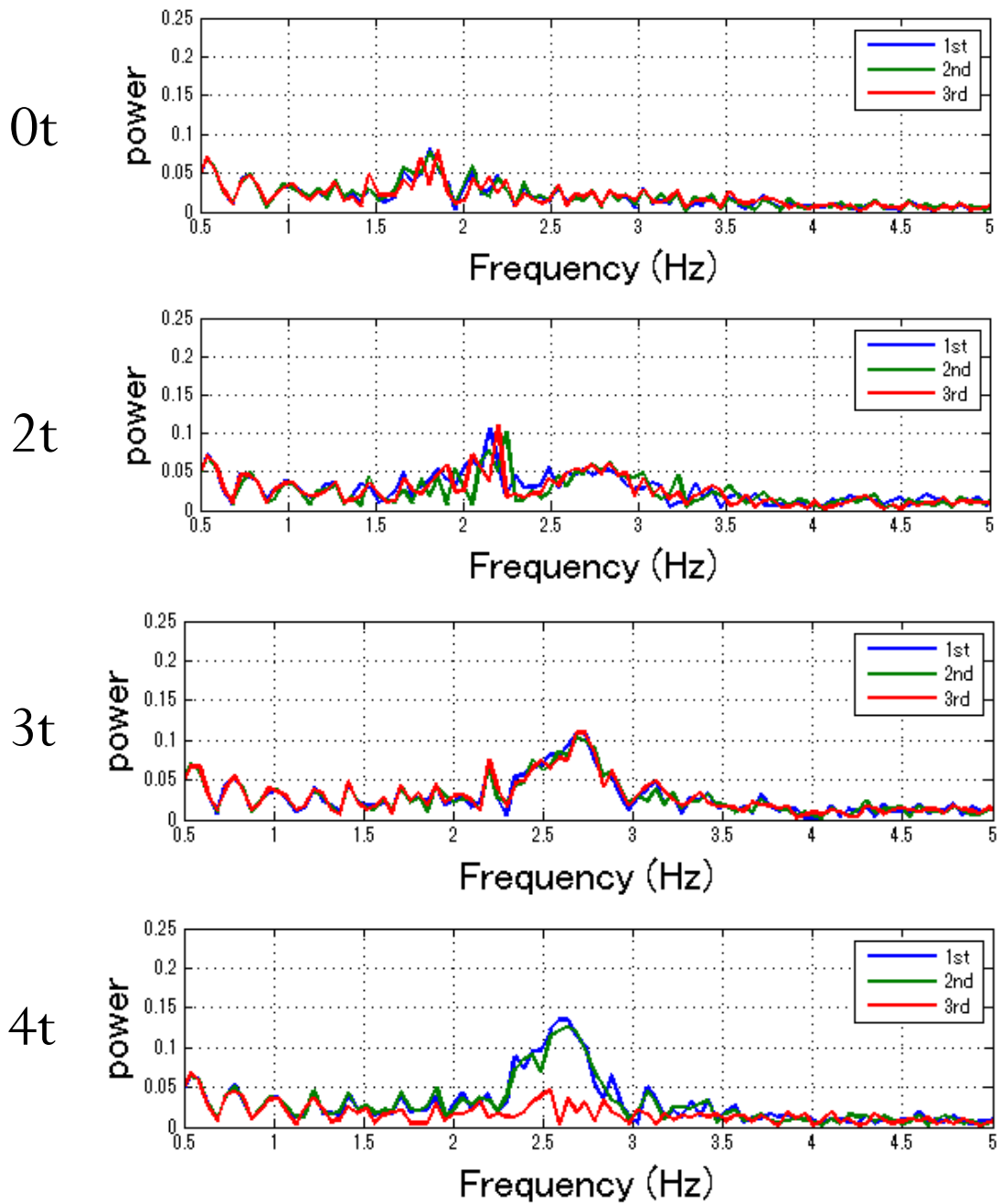


図 4-12 地点 A の周波数解析の結果 (60km/h)



③ 計測結果・地点 B (40km/h )

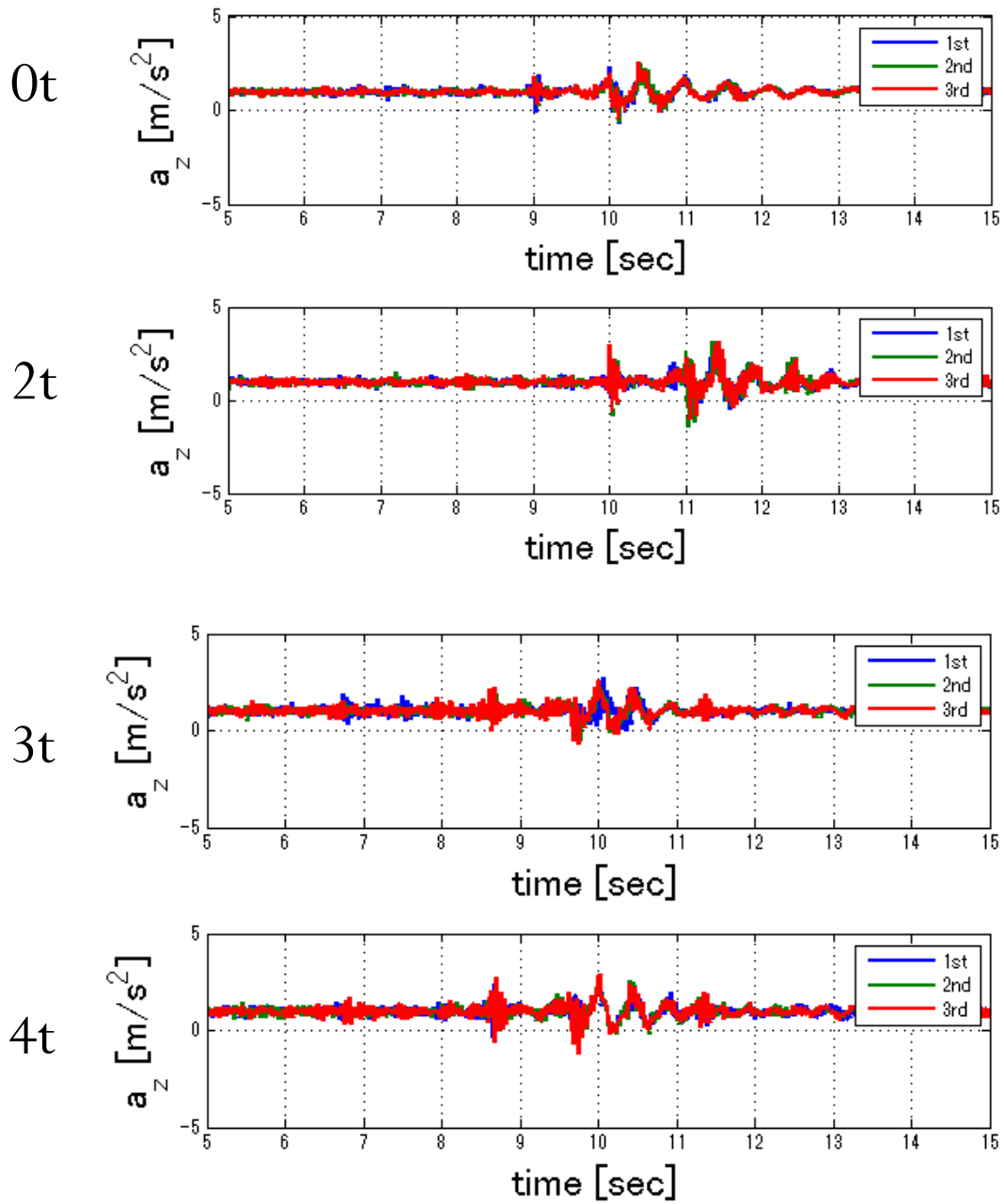


図 4-13 地点 B の上下加速度の結果 (40km/h)

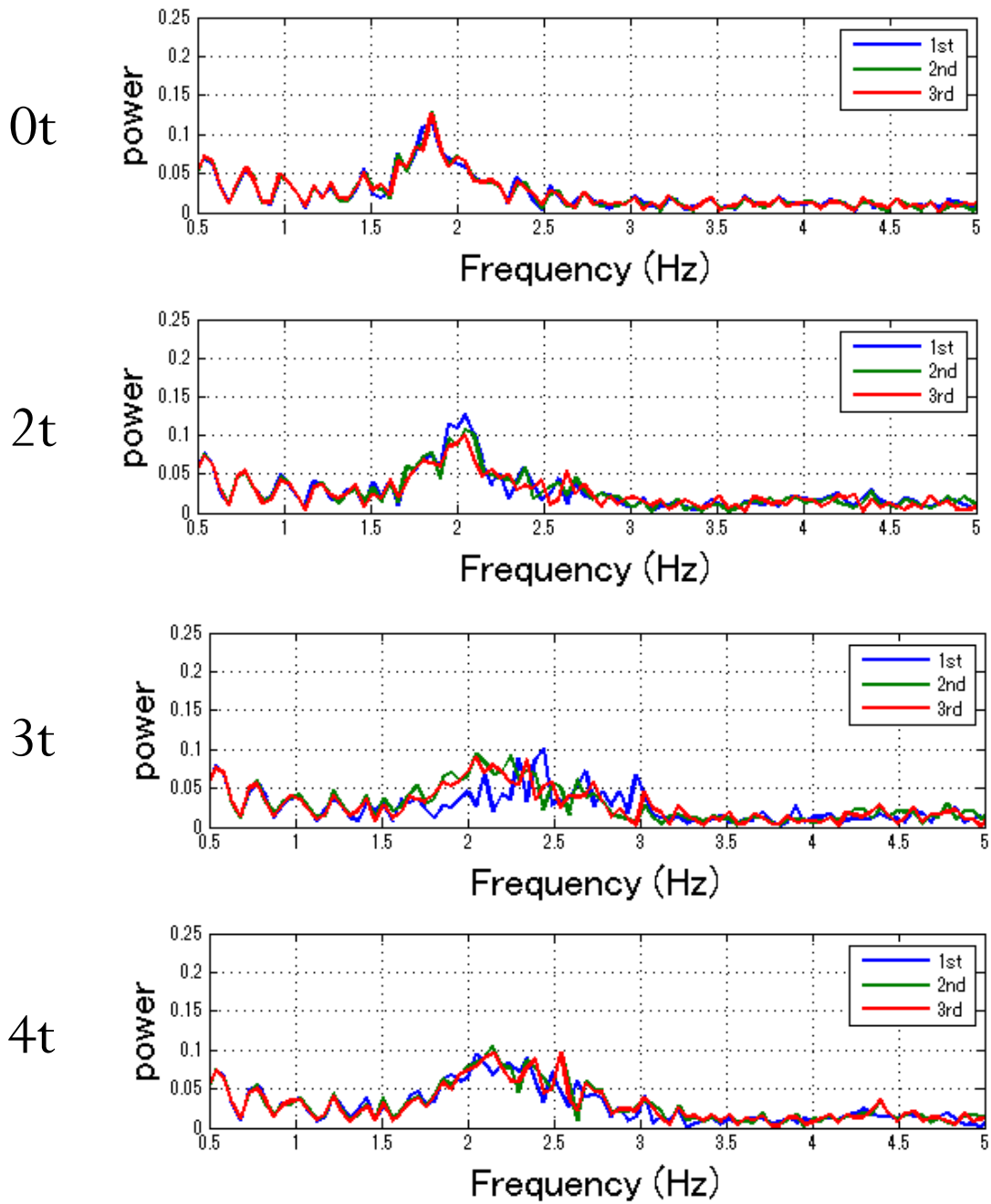


図 4-14 地点 B の周波数解析の結果 (40km/h)

④ 計測結果・地点 B (60km/h )

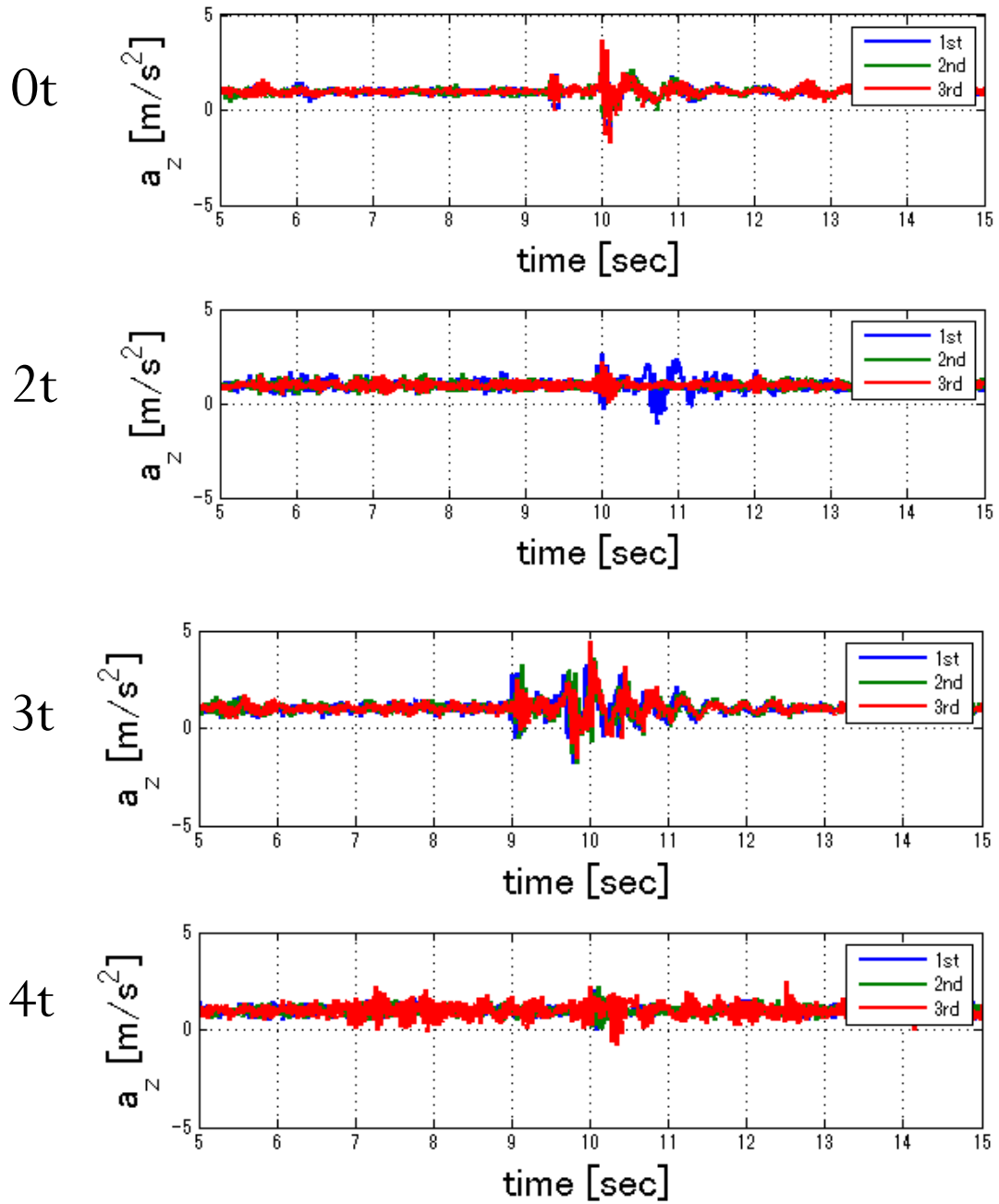


図 4-15 地点 B の上下加速度の結果 (60km/h)

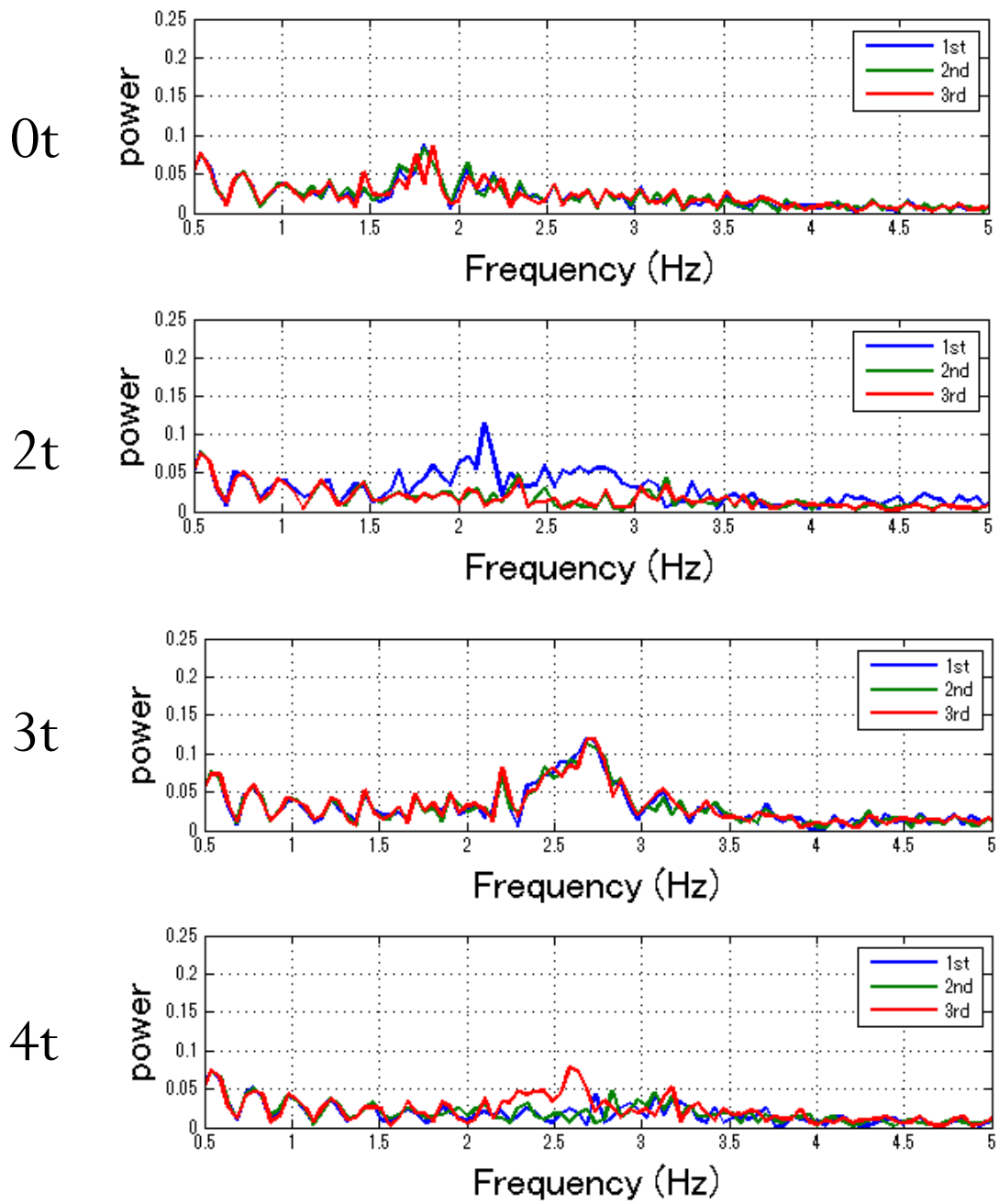


図 4-16 地点 B の周波数解析の結果 (60km/h)

⑤ 計測結果・地点 C (40km/h )

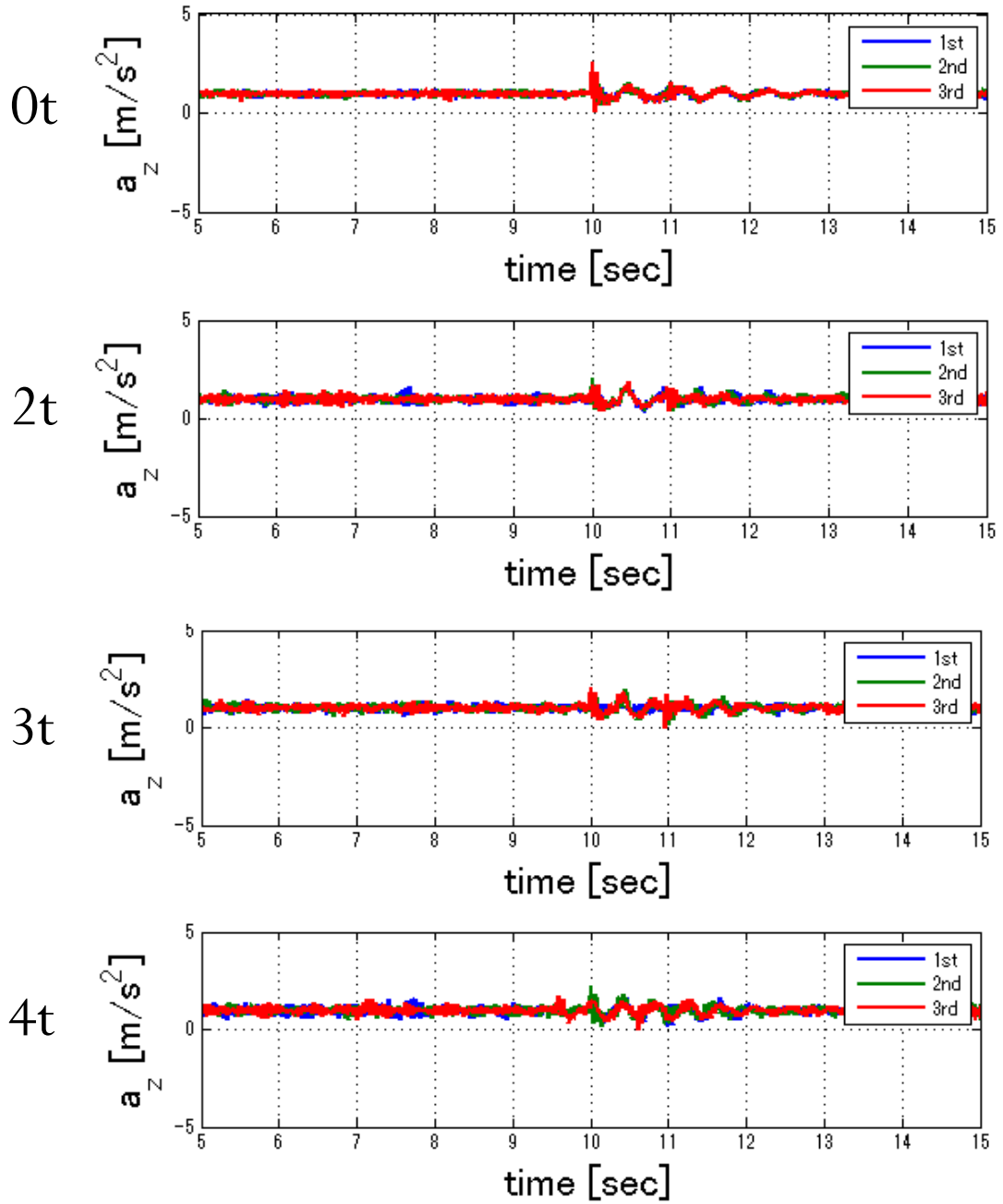


図 4-17 地点 C の上下加速度の結果 (40km/h)



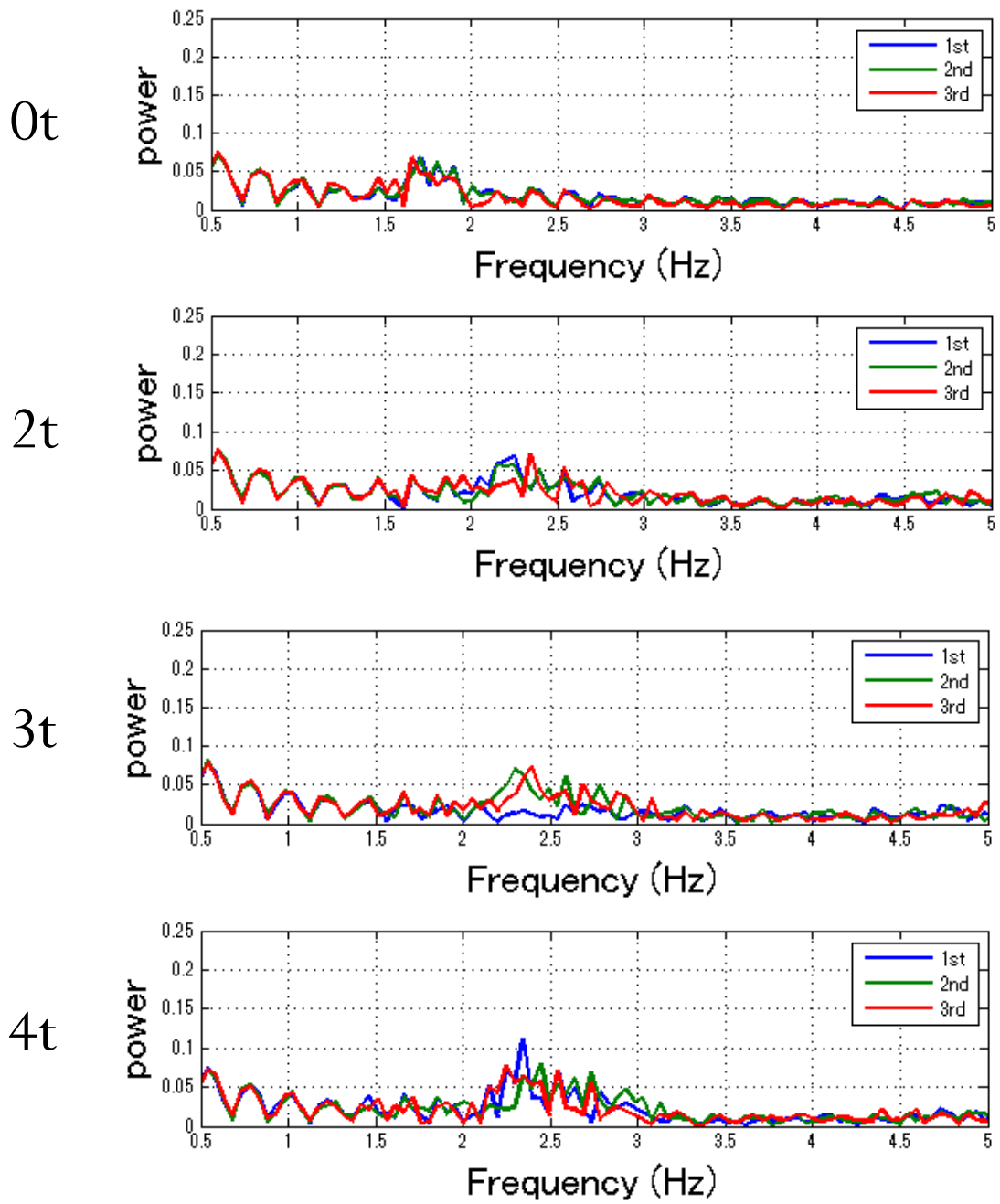


図 4-18 地点 C の周波数解析の結果 (40km/h)

⑥ 計測結果・地点 C (60km/h )

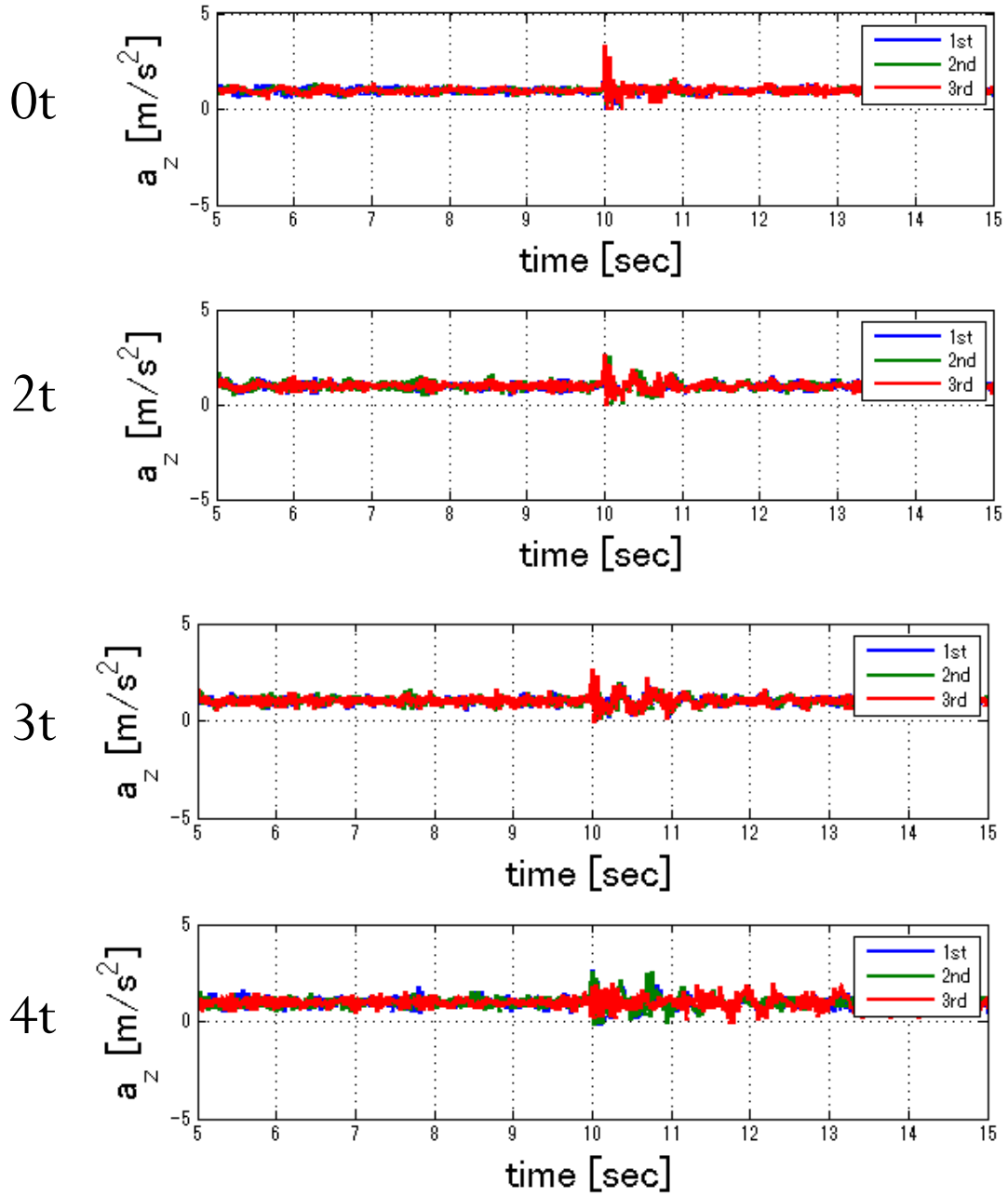


図 4-19 地点 C の上下加速度の結果 (60km/h)

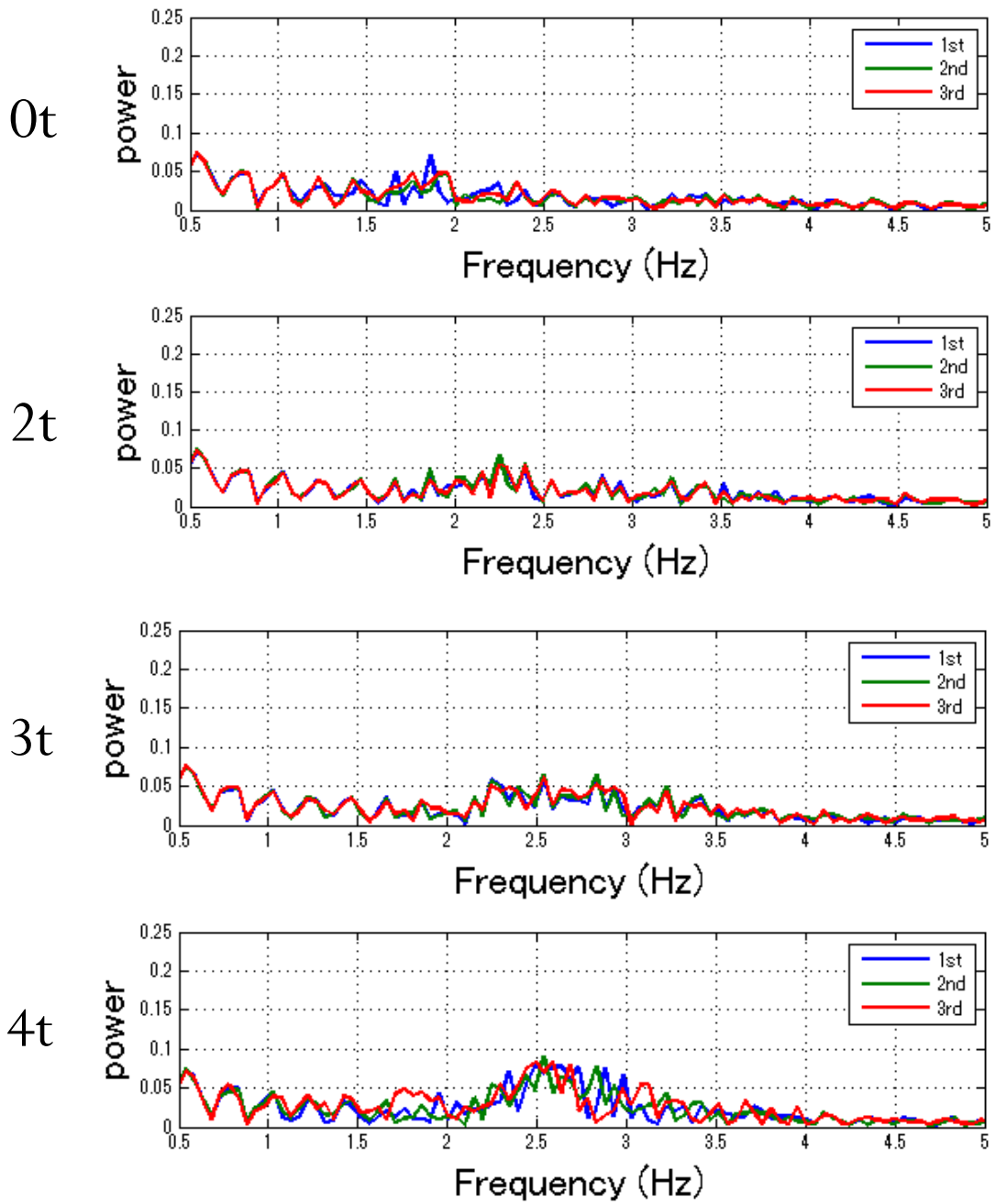


図 4-20 地点 C の周波数解析の結果 (60km/h)

#### 4) 実験結果に対する考察

シミュレーションでは、重量の増加に伴って固有振動数が小さくなる結果を得たが、実車実験では重量の増加に伴い固有振動数が大きくなる傾向の結果となった。両者の結果より、重量と固有振動数の関係について、実車における実験結果は理論的な不整合が生じる結果となった。

この要因としては、慣性モーメントの影響の可能性が考えられる。質量・重心位置の距離の変化により、加速度センサを取り付けた位置の振動が変化し、固有振動数が大きくなる結果となったことが考えられる。また、追加積載を行い、特に前輪への荷重が増えたことで、重心位置の変化だけでなく、タイヤのコーナリングフォースが増大、すなわちばね定数が増大したことで、固有振動数が変化した可能性も考えられる。

なお、本走行実験では、既存の試験走行路上に生じている段差を活用し、データ計測を行ったため、比較的大きな上下加速度が生じた地点 A は、曲線路から直線路に移行する地点となっている。曲線路では左右方向への加速度が生じ、段差通過段階で左右方向への加速度の影響が残っていた可能性が考えられる。したがって、データ計測環境としては、左右方向やピッチング等への影響がないと考えられる地点での計測が必要であると考えられる。